



CUSTOMER NO. 27123

Docket No. 1232-5274

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): SATO, et al.

Group Art Unit: TBA

Serial No.: 10/771,992

Examiner: TBA

Filed: February 3, 2004

For: POSITION SENSOR

CLAIM TO CONVENTION PRIORITY

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In the matter of the above-identified application and under the provisions of 35 U.S.C. §119 and 37 C.F.R. §1.55, applicant(s) claim(s) the benefit of the following prior application(s):

Application(s) filed in: Japan
In the name of: Canon Kabushiki Kaisha
Serial No(s): 2003-026541
Filing Date(s): February 3, 2003

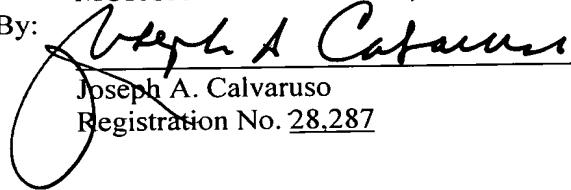
Pursuant to the Claim to Priority, applicant(s) submit(s) a duly certified copy of said foreign application.

A duly certified copy of said foreign application is in the file of application Serial No. _____, filed _____.

Dated: April 28, 2004

By:

Respectfully submitted,
MORGAN & FINNEGAN, L.L.P.


Joseph A. Calvaruso
Registration No. 28,287

Correspondence Address:
MORGAN & FINNEGAN, L.L.P.
345 Park Avenue
New York, NY 10154-0053
(212) 758-4800 Telephone
(212) 751-6849 Facsimile



Docket No. 1232-5274

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): SATO, et al.

Group Art Unit: TBA

Serial No.: 10/771,992

Examiner: TBA

Filed: February 3, 2004

For: POSITION SENSOR

CERTIFICATE OF MAILING (37 C.F.R. §1.8(a))

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

I hereby certify that the attached:

1. Claim to Convention Priority w/ document\
2. Certificate of Mailing
3. Return postcard receipt

along with any paper(s) referred to as being attached or enclosed and this Certificate of Mailing are being deposited with the United States Postal Service on date shown below with sufficient postage as first-class mail in an envelope addressed to the: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

Respectfully submitted,
MORGAN & FINNEGAN, L.L.P.

Dated: April 29 2004

By:

Helen Tiger

Correspondence Address:

MORGAN & FINNEGAN, L.L.P.
345 Park Avenue
New York, NY 10154-0053
(212) 758-4800 Telephone
(212) 751-6849 Facsimile

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 Date of Application: 2003年 2月 3日

出願番号 Application Number: 特願 2003-026541

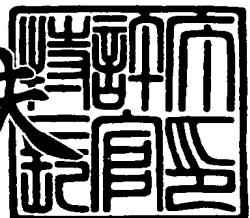
[ST. 10/C]: [JP 2003-026541]

出願人 Applicant(s): キヤノン株式会社

2004年 2月 24日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【提出日】 平成15年 2月 3日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01B 11/00
H01L 21/00

【発明の名称】 位置検出装置

【請求項の数】 1

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

【氏名】 佐藤 浩司

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

【氏名】 三島 和彦

【特許出願人】

【識別番号】 000001007

【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100110412

【弁理士】

【氏名又は名称】 藤元 亮輔

【電話番号】 03-3523-1227

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 062488

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0010562

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 位置検出装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被検出体の位置を光を用いて検出する位置検出装置であつて

前記被検出体を光学的にフーリエ変換した面及び前記フーリエ変換した面と共に役な面のうち光線有効径が最も大きい面以外の面の近傍に、圧力の異なる2つの空間を隔離する光学素子を配置したことを特徴とする位置検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、一般には、位置検出装置に係り、特に、微細な回路パターンを転写するための露光装置に設けられる位置検出装置に関する。本発明は、例えば、露光光源として紫外線や極紫外線（EUV：E x t r e m e u l t r a v i o l e t）を用いて、露光光路をページする露光装置に好適である。

【0002】

【従来の技術】

フォトリソグラフィー（焼き付け）技術を用いて半導体メモリや論理回路などの微細な半導体素子を製造する際に、レチクル又はマスク（本出願ではこれらの用語を交換可能に使用する。）に描画された回路パターンを投影光学系によってウェハ等に投影して回路パターンを転写する縮小投影露光装置が従来から使用されている。

【0003】

縮小投影露光装置で転写できる最小の寸法（解像度）は、露光に用いる光の波長に比例し、投影光学系の開口数（N A）に反比例する。従って、波長を短くすればするほど、解像度はよくなる。このため、近年の半導体素子の微細化への要求に伴い露光光源は、超高圧水銀ランプ（i線（波長約365nm））、KrFエキシマレーザー（波長約248nm）、ArFエキシマレーザー（波長約193nm）と用いられる紫外線光の波長は短くなってきた。しかし、半導体素子は

急速に微細化しており、紫外線光を用いたリソグラフィーでは限界がある。そこで、非常に微細な回路パターンを効率よく転写するために、より短波長紫外線光のF₂レーザー（波長約157nm）や紫外線光よりも更に波長が短い、波長10nm乃至15nm程度の極端紫外線（EUV：e x t r e m e u l t r a v i o l e t）光を露光光源として用いた縮小投影露光装置（以下、「EUV露光装置」と称する。）が開発されている。

【0004】

また、投影露光装置においては、スループット（単位時間当たり処理される枚数）の向上も要求されている。スループットの向上には、各被処理体に対する露光時間を短縮するため、露光光の照度、即ち、被処理体に照射される単位時間当たりの光量を増加させる必要がある。しかし、短波長化した光は、物質による吸収も非常に大きくなり、空気（酸素）中を通過するだけでも光強度が著しく減少する。そこで、短波長化した光、即ち、F₂レーザーやEUV光を露光光源として用いる縮小投影露光装置では、露光光が通過する光路領域を密閉空間とし、かかる密閉空間を有機物や酸素等の不純物が除去された高純度の気体（例えば、高純度のヘリウムや窒素などのバージガス）で置換する、又は、露光光が通過する光路領域を真空にすることによって光強度の減少を抑え、ウェハに到達する光量を確保している。

【0005】

特に、EUV光では、レンズを透過することによる光量減少が著しいため、可視光や紫外光で用いられるようなレンズを用いた光学系を介した後では、ウェハに到達する光はほとんどゼロとなる。そこで、EUV露光装置では、密閉した露光光路付近を高真空間状態に維持すると共に反射ミラーのみで構成された光学系を用いることによってウェハに到達する光量を確保している。

【0006】

従来の露光装置は、光源、照明光学系、レチクル、投影光学系、ステージ及び露光光の光路付近をバージガスで置換した（又は真空中にした）バージ領域と、かかるバージ領域以外の外部領域とを隔てる隔壁を設けることで密閉空間を形成している。また、露光装置には、オффアクシス（Off axis）アライメント光

学系（以下、「OA光学系」と称する。）、レチクルアライメント光学系、フォーカス検出系、ウェハ位置検出干渉計などの各種検出光学系を構成する必要がある。

【0007】

ウェハ上のアライメントマークを検出することでウェハ位置の検出をするOA光学系の対物レンズは、ベースライン量と呼ばれる露光位置とOA光学系の計測位置の間隔をなるべく小さくするため、露光領域のできるだけ近傍に配置することが好ましい。OA光学系でのアライメント後にベースライン量の分だけ露光位置までウェハを送り込むため、ベースライン量が安定していること及びベースライン量を小さくして誤差を小さくすることがアライメント精度にとって極めて重要だからである。従って、OA光学系の一部をページ領域内に配置することとなる。

【0008】

また、レチクルの位置を検出するレチクルアライメント光学系は、レチクルが露光光路中に配置されているため、検出系の一部をページ領域内に配置しなければならない。その他、被検出物体がページ領域内に存在するフォーカス検出系、ウェハ位置検出干渉計なども、その光学系の一部をページ領域内に配置する必要がある。

【0009】

従って、ページ領域と外部領域とを跨ぐこれらの検出光学系は、光路中且つページ領域と外部とを隔てる隔壁に透過窓部材を設けることで、密封空間を維持しながらその光学系の一部をページ領域内に配置することを達成している。ここで、透過窓部材は、透過率の高い硝材であればよく、検出光の波長などに基づいて最適なものを適宜選んでいる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、ページ領域内は、ページガスを供給していることや真空にしていることから外部領域とは異なる圧力となっている（特に、ページ領域を真空にしている場合には、2つの領域の圧力差は非常に大きい）ため、2つの領域を隔てる隔

壁に設けられた透過窓部材に大きな力が加わり、透過窓部材の形状が変形している場合がある。これにより、本来の設計値では想定していなかった変形や偏心が検出光学系の光路中に設けた透過窓部材で発生し、かかる検出光学系の倍率や色ずれ、ディストーションなどの収差を引き起こして検出精度が劣化してしまう。

【0011】

ここで、図14を参照して、圧力差に起因する透過窓部材の形状の変形について説明する。図14は、圧力差に起因する透過窓部材の形状の変形を示す概略断面図である。図14 (a) は、バージ領域PEと外部領域OEとを隔てる隔壁1100に透過窓部材1000が設けられている。この時点では、透過窓部材1000に力が加わっておらず、形状の変形などもない。

【0012】

バージ領域PEを、例えば、真空にすると、バージ領域PE内の圧力が減少して図14 (b) に示すように、透過窓部材1000にバージ領域PE内へ向かう力P1が加わる。これにより、透過窓部材1000は、メニスカスレンズ状に変形する。なお、例えば、バージ領域PEに高純度のバージガスを供給し、バージ領域PEの圧力が上昇した場合は、透過窓部材1000に力P1と逆向きの力が加わる。

【0013】

また、このとき透過窓部材1000には垂直な方向の力P1が加わっているので、発生する複屈折は入射する光の偏光方向と垂直な方向を有し、光学性能にはほとんど影響しない。しかし、透過窓部材1000は、隔壁1100で保持されているため、透過窓部材1000に力P1が加わった場合、力P2が発生する。透過窓部材1000に力P2が加わると、入射する光の偏光方向と平行な方向で複屈折を発生させるために入射光の偏光に対して影響を起こす。

【0014】

また、バージ領域PE内を真空にした場合、極めて大きな力が隔壁1100や透過窓部材1000に加わることになる。従って、図14 (c) に示すように、隔壁1100の撓みや歪みも十分に考えられる。図14 (c) には、隔壁1100がバージ領域PE内に角度θだけ撓んだ状態を模式的に示した。このとき、透

過窓部材1000は、圧力差による変形を受けたまま隔壁1100と共に角度 θ だけ撓む。即ち、光軸に対して傾く角度 θ （以下、「傾き偏心」と称する。）だけを偏心の要素と考えるのではなく、傾き偏心に伴って光軸に対して垂直方向にずれる Δd （以下、「平行偏心」と称する。）も考慮に入れる必要がある。

【0015】

こうした透過窓部材の変形は、製造時のものや装置を使用している際の経時変化として発生する可能性がある。特に、経時変化が発生した場合、最初の調整だけではなく定期的な調整が必要となり、定期的な調整を行わないと大きな計測精度の劣化が生じてしまう。

【0016】

一方、ページ領域と外部領域とを跨ぐ検出光学系の全ての要素をページ領域内に配置することも考えられるが、かかる要素の中には熱源となるものも含まれているため、保持機構や他部材に熱変形を与えてしまい投影光学系のずれや計測精度の劣化などを引き起こしてしまう場合がある。従って、検出光学系の全てをページ領域内に配置することもできない。

【0017】

そこで、本発明は、圧力の異なる領域を隔離する部材に変形が起きてても、かかる部材を光路中にある光学系の光学性能を劣化させることなく、高精度に計測可能な位置計測装置を提供することを例示的目的とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の一側面としての位置検出装置は、被検出体の位置を光を用いて検出する位置検出装置であって、前記被検出体を光学的にフーリエ変換した面及び前記フーリエ変換した面と共に面のうち光線有効径が最も大きい面以外の面の近傍に、圧力の異なる2つの空間を隔離する光学素子を配置したことを特徴とする。

【0019】

本発明の更なる目的又はその他の特徴は、以下添付図面を参照して説明される好ましい実施例によって明らかにされるであろう。

【0020】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して、本発明について説明する。なお、各図において同一の部材については同一の参照番号を付し、重複する説明は省略する。

【0021】

本発明者は、圧力の異なる領域を隔離する部材に変形が起きても、かかる部材を光路中に有する光学系の光学性能を劣化させることなく、高精度に計測可能な位置計測装置を提供するにあたり、図14に示した変形した透過窓部材1000の代替として平行な平面で構成された光学部材にある特定の曲率を与え、かかる光学部材を検出光学系の光路中に配置し、その状態での光学部材の裏表格面の傾き偏心、曲率変形を有する光学部材の平行偏心及び傾き偏心を考慮することで、光学部材の変形により生じる結像光学系の性能の変化について鋭意検討を行った。

【0022】

図6は、基本的な検出光学系10において、曲率変形を有する光学部材の配置位置を示す概略模式図である。ここでは、両側テレセントリックな光学系を例示しているが、この限りではなく、物体側のみがテレセンの片側テレセントリックでも、像面側のみがテレセンの片側テレセントリックでも、テレセントリックでない光学系であっても構わない。

【0023】

検討した検出光の波長は500nm乃至700nmで基本波長として中心の600nm、検出光の波長の違いによる光学性能の変化の差（以下、「色ずれ」と称する。）を見るときは両端の500nmでの結果と700nmでの結果の差を見ている。

【0024】

図6に示す検出光学系10は、物体面から射出した軸上及び軸外光線を対物レンズ11及びリレーレンズ12で1度結像し中間像面13を形成している。14は対物レンズ11及びリレーレンズ12の瞳位置に設置した絞り（瞳）を示している。中間像面13で1度結像した光線は、結像レンズ前群15及び結像レンズ

16によって像面に再結像される。17は結像光学系である結像レンズ前群15及び結像レンズ16の瞳位置に設置した絞り（瞳）を示している。なお、対物レンズ11及びリレーレンズ12では10倍、結像光学系（結像レンズ前群15及び結像レンズ16）では5倍、トータル50倍の横倍率 β を有する検出光学系10を想定している。また、瞳14と瞳17との径の大きさの比は、

$$\text{瞳14 : 瞳17} = 6.2 : 1.0$$

である。

【0025】

ここで、光学部材を配置する場所として、対物レンズ11とリレーレンズ12との間にある絞り（瞳：物体面とはフーリエ変換の関係）14近傍（図中位置a）、リレーレンズ12と中間像面13との間のリレーレンズ12近傍（図中位置b）、中間像面13近傍（図中位置c）、絞り（瞳）17と結像レンズ後群16との間（図中物体面側から位置d、位置e及び位置f）、結像レンズ後群16と像面の間（図中位置g）の7箇所について、光学部材を配置し、曲率を与えて偏心させることにより結像光学系の光学的性能の変化を調べた。

【0026】

図7は、図6に示す検出光学系10において、各位置に配置した光学部材を変形させて検討した結果を示す表である。図7を参照するに、光学部材を所定の場所（位置a乃至位置g）へ配置した状態から光学部材の各面へ変形（曲率）を加えたとき、光学部材の各面へ変形（曲率）を加えた後、光学部材を平行偏心させたとき、光学部材の各面へ変形（曲率）を加えた後、光学部材を傾き偏心させたときの光学性能の変化量をそれぞれ示している。なお、図7に示す表中の数値は位置dでの値を基準（1.00）とし、基準との相対比を示している（但し、位置dでの値が0の場合は、位置bを基準とした）。

【0027】

まず、光学部材の各面に変形（曲率）を加えたときの光学性能の変化の結果について検討する（図7に示す表中A参照）。図7に示すように、光学部材の各面R1A及びR2Aに別々に曲率を与え、それぞれで発生した個別の収差を足し合わせることで、光学部材が変形した際の光学性能の変化量を見積もる。なお、こ

ここで示す結果は、波長が基本波長600nmのときの結果である。

【0028】

このとき、レンズ最終面である結像レンズ後群16の像面側乃至像面までの距離 S_{kA} が位置 a 及び位置 b に光学部材を配置すると大きく変化していることがわかる。特に、位置 b では位置 d の 255.4 倍の変化と大きな値を示す。これは、像の結像位置が、例えば、ページ領域を真空する前に比べて、フォーカス方向に大きな変化をしていることを意味する。このため、距離 S_{kA} が大きな値となっている位置は透過窓部材の配置場所としては不適であると考えられる。

【0029】

また、横倍率 β_A も位置 b で最も大きな変化量を示している。横倍率 β_A が変化すると予定していた倍率の像とは違うものが撮像され、アライメント計測における位置ずれを引き起こすことが考えられる。

【0030】

次に、光学部材の各面に変形（曲率）を加えたまま、各面をそれぞれ傾けたときに現れる光学性能への影響について検討する（図7に示す表中B参照）。図7に示すように、光学部材の各面 R_{1B} 及び R_{2B} にそれぞれ曲率を与え、更に、光学部材の各面 R_{1B} 及び R_{2B} に傾き偏心を加えることによって発生した光学性能への影響を光学部材の各面 R_{1B} 及び R_{2B} 毎に算出する。これを足し合わせることで、光学部材の各面 R_{1B} 及び R_{2B} が変形及び偏心した際の光学性能の変化量を見積もる。

【0031】

このとき、顕著に表れた光学性能の変化は、光軸に対して垂直平面での波長毎の位置ずれ量の差異 d_{yB} 色ずれであった。特に、光学部材を配置した位置のうち最も大きな変化を示したのは位置 a での位置ずれ量の差異 d_{yB} 色ずれであった。これは、広い波長領域を有する光をアライメント検出光として用いたときに、その波長によって結像位置が光軸と垂直な平面上で位置ずれを起こすことを示している。

【0032】

また、光学部材の各面における波長に対する位置ずれ量 d_{yB} 単面色ずれにつ

いて見てみる。ここでは、光学部材の単面での敏感度を比較するため、光学部材を配置した各位置における各面での位置ずれ量の絶対値をそれぞれ算出し、平均したものを比較している。これによると、対物レンズ11及びリレーレンズ12での瞳位置（絞り14）である位置aと結像レンズ後群16近傍の位置f、結像レンズ後群16と像面との間の位置gで大きな値を示している。光学部材の変形は、光学部材の両面が同じ曲率を有するとは限らないため、単面での敏感度が高い場合は大きなずれ量を示すことが考えられる。

【0033】

また、光学部材の単面の変形が検出光学系10へ与える影響の変化量を見ると、位置d及び位置eが位置fと比べて小さいことがわかった。これは、位置dが瞳17に近く、光線の有効径が小さいためであると考えられる。本実施形態における位置d、位置e及び位置fの有効径は、

位置d：位置e：位置f = 1 : 2. 4 : 3. 6

となっている。従って、光線の有効径が小さい位置に透過窓部材を配置するとよいという結論を得た。

【0034】

次に、傾き偏心（中心波長）として光学部材に変形（曲率）を加えたまま、光学部材自身を傾けたときの中心波長での光学性能の変化について検討する（図7に示す表中C参照）。まず、光軸に垂直な平面内での位置ずれ量 d_{yc} では、位置b及び位置cで大きな変化が見られた。次いで、位置gでも比較的大きな変化が見られる。

【0035】

また、軸外に発生する球面収差（ハロ） wah_c でも、位置b及び位置cに大きな変化が見られる。

【0036】

軸外のコマ収差 wac_c は、位置d、位置e、位置f及び位置gでは見られず（ほぼゼロ）、位置a、位置b及び位置cで変化量が見られた。これら収差が大きくなると、像のぼけなど本来のマーク像を撮像素子へ伝えるのではなく、本体の像とは違った像を撮像解析することとなるため、計測値の信頼性が落ちると共

に計測値の安定にも影響を及ぼす。

【0037】

ここでの色ずれ d_y_c 色ずれを見てみると、位置 d、位置 e 及び位置 f が大きく、それ以外の位置は小さな値を示している。しかし、光学部材の傾き偏心では、位置 d、位置 e 及び位置 f での色ずれ d_y_c 色ずれが大きく出るとの結果を得たが、絶対量がそれほど大きくないため、問題にはならない。但し、実用上問題になる場合は、後述する色ずれ補正で十分補正できると考えられる。

【0038】

更に、同程度の光線有効径での配置位置による光学性能への影響の与え方について検討する。例えば、図7に示す表を参照して位置 c と位置 d とを比較する。位置 c は中間像面 13 近傍、位置 d は結像光学系の瞳 17 位置近傍である。両者の光線有効径は、

位置 c : 位置 d = 1 : 1.5

であり、位置 d の方が大きい。しかしながら、図7に示す表中の数値を比較すると位置 c の方が検出光学系 10 に与える影響が大きいことがわかった。つまり、光線有効径がほぼ同じでも、透過窓部材を構成する位置によって光学性能への影響が変わることがわかる。

【0039】

以上の結果から、位置 a、位置 b 及び位置 c に透過窓部材を配置することにより検出光学系 10 の性能が敏感に変化すること、光線有効径が小さい位置に透過窓部材を配置する必要があること、配置位置としては瞳近傍がよいことがわかった。

【0040】

また、像面近傍の位置 g では、色ずれ量 d_y_c が発生するが、それ以外は低い変化量を示しているので、色ずれの補正を行えば、透過窓部材の配置位置として有用であると考えられる。

【0041】

そこで、透過窓部材を配置する場合は、図6に示す絞り（瞳）17乃至結像レンズ後群 16 の間がよく、特に、位置 d が総合的に見てよいと結論づけた。

【0042】

また、位置 g も透過窓部材を配置する位置として有用であるが、色ずれが発生するので、これを補正する構成が必須である。

【0043】

検出光学系 10 の光学性能に影響を及ぼさない位置への透過窓部材の配置については、上述した通りであるが、図 7 の表に示すように、影響を及ぼさないといつてもゼロではない。そこで、透過窓部材の代替として平行な平面で構成された光学部材を配置し、力がかかることによる光学部材の変形によって発生する検出光学系への影響の補正について説明する。

【0044】

まず、図 6 を参照して、レンズ最終面である結像レンズ後群 16 の像面側乃至像面までの距離 S_{kA} の補正について説明する。距離 S_{kA} の変化は、光軸のフォーカス方向へ結像位置がずれることで現れる。そこで、結像位置にある撮像素子の像面を光軸のフォーカス方向に動かすことにより距離 S_{kA} の変化を調整することができる。

【0045】

経時変化を考えた場合、かかる調整は自動化することが望ましい。例えば、ページ領域と外部領域の圧力差を圧力計で常に測定しておく。測定した圧力値がある一定量以上変化したとき、透過窓部材の変形量が変わり、オフセット量が変化している可能性がある。そこで、撮像素子に駆動系を構成してアライメントマークの検出を行いながら撮像素子を駆動し、検出信号から最適な撮像素子の位置を決定する。又は、被検出体（ウェハなど）をフォーカス方向に駆動しながらアライメントマークを検出することにより最適な位置を決定してもよい。

【0046】

次に、横倍率 β_A の補正に関しては、透過窓部材を配置することにより変化した横倍率 β_A をオフセット量として信号処理系で認識させ、それを反映した処理を行うことにより調整することができる。

【0047】

こちらも経時変化を考えた場合、かかる調整は自動化することが望ましい。例

えば、予めマーク間隔のわかっているアライメントマークを測定する。測定したマーク間隔を信号処理したとき、予めマーク間隔がわかっているので、現在の倍率オフセット量を考慮した画像上のマーク間隔もわかる。しかし、経時変化により透過窓部材の変形（曲率）量が変わっていると画像上のマークが変わるため、真の横倍率 β_A を知ることができる。かかる真の横倍率 β_A を使用して倍率補正を行う。

【0048】

像面上での像の位置ずれ d_y に関しては、光路中に補正用の光学部材を配置することで調整を行う。図8は、光路中に配置した補正用の光学部材を傾けた場合の光軸と垂直に交わる平面上での像位置の変化を示す概略模式図である。

【0049】

図8（a）は、画角をもった光線の結像状態を模式的に示したものであり、このとき、図示しない透過窓部材の変形により予め想定していた位置とは異なる位置 IP' で結像していたとする。そこで、図8（b）に示すように、補正用の光学部材20を配置し、位置ずれ量に合わせて光学部材20を傾ける。光学部材20に入射した光線は、スネルの法則に従って光学部材20の両面20a及び20bで屈折されて射出する。このとき、光学部材20への入射光線と光学部材20からの射出光線は平行である。光線が光学部材20を透過した後に結像する位置 IP は、光学部材20の傾けの度合いによって光軸と垂直な平面上での位置とフォーカスが変化する（図8（c）参照）。しかし、検出光学系のような拡大系の場合、撮像素子付近ではNAが小さいためフォーカスの変化は無視することができる。そこで、像面上での像の位置ずれ d_y の変化に対して調整するには、補正用の光学部材20を配置して傾けるのがよいと考えられる。

【0050】

あるいは、撮像素子自体の平行偏心による調整も考えられる。距離 Sk_A の調整の際には、フォーカス方向に撮像素子を動かし距離 Sk_A を調整すると説明したが、ここでは像面上での像の位置ずれ d_y の変化に補正を加えるため光軸に垂直な平面内で移動できるようにしておけばよい。

【0051】

また、像面上での像の位置ずれ d_y の変化は、例えば、OA系におけるベースライン量の変動に直結するため、位置ずれ d_y を補正した場合はベースライン量の再計測も必要となる。

【0052】

図9を参照して、透過窓部材の変形により生じる色ずれの補正について説明する。図9は、色ずれを補正するための色楔30を示す概略模式図である。色楔30は、断面楔形状の2枚の透過部材32及び34を対向させて配置する。このとき、透過部材32と透過部材34との間隔を d とする。

【0053】

図中左方向から透過部材32の側面32aへ入射した広帯域の光（波長： $\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3$ ）は傾斜を有する側面32bから射出するとき、光の波長に対する屈折率の違いから波長ごとに違った射出角（ $\theta_{\lambda_1} > \theta_{\lambda_2} > \theta_{\lambda_3}$ ）で射出される。透過部材32の側面32bから射出された光は、透過部材32と透過部材34との間隔 d を通過した後、2枚目の透過部材34の側面34aに入射する。透過部材34の側面34aにおいても波長による屈折率の違いで各波長での屈折角は違うのだが、2枚の透過部材32及び34は、同じ傾斜（ θ ）の側面32b及び34aを有しているため、2枚目の透過部材34の側面34bから射出された光は、透過部材32の側面32aへ入射したときの光と平行となっている。

【0054】

また、色楔30を透過した光の像高の色ずれ ΔX は、透過部材32と透過部材34との間隔 d に比例している。これにより、色楔30を用いて透過窓部材の変形により生じた色ずれを補正することができる。

【0055】

経時変化を考えた場合、色ずれの補正も自動化することが望ましい。例えば、各検出系の基準マークを照明光の波長を変更しながら計測する。そして、得られた計測値を使用して照明光の波長による計測値の違いを求め、かかる違いから色楔30の2つの透過部材32及び34の間隔 d を決定する。色楔30の2つの透過部材32及び34の間隔 d は、自動駆動により自由に調整できるように構成し、決定した間隔（即ち、色ずれの補正量に最もよい間隔） d に調整する。

【0056】

軸外に発生する球面収差（ハロ） $w_a h_c$ や軸外のコマ収差 $w_a' c_c$ の測定及び補正について説明する。

【0057】

測定方法としては、例えば、軸外に発生する球面収差（ハロ） $w_a h_c$ であれば、コントラストカーブを描くことで収差量を見積もることができる。フォーカスを変化させながらアライメントマークを測定していくと、あるデフォーカス位置でコントラスト量のピーク値をもつような山型の波形が描かれる。かかる山型の波形の半値全幅が小さい及びピーク値が低いと球面収差量が少なく、半値全幅が大きいと球面収差量が多いとわかる。

【0058】

また、軸外のコマ収差 $w_a c_c$ の場合、例えば、OA光学系において段差マークを検出すると、コマ収差は検出信号の非対称性として発生する。かかる非対称性とコマ収差量の相関関係を予め求めておくことで、現在の光学系のコマ収差量を見積もることができる。

【0059】

軸外に発生する球面収差（ハロ） $w_a h_c$ や軸外のコマ収差 $w_a c_c$ の収差量がわかれれば補正することは可能である。例えば、透過窓部材を配置した位置での敏感度とほぼ同じ敏感度を有する位置に、変形した透過窓部材の変形量（曲率や偏心）を異符号にした光学部材（例えば、変形した透過窓部材の形状を透過窓部材の中心軸に軸対称にした形状を有する光学部材）を構成してやればよい。

【0060】

光線の有効径が小さい位置に透過窓部材を配置すると透過窓部材の单面による光学性能への敏感度が小さいという結果が得られたので、本発明者は、倍率は同じまま焦点位置を短くし、検出光学系の全長を短くすることで結像光学系の瞳の光線有効径を小さくすることについて検討した。図10は、図6に示した基本的な検出光学系10の一部（結像レンズ前群15、絞り17、結像レンズ後群16）を示す概略模式図である。

【0061】

図10 (a) を参照するに、図示しない対物レンズ及びリレーレンズ（なお、図示しない対物レンズ及びリレーレンズは、図10に示した対物レンズ11及びリレーレンズ12と同じである。）によって一度中間像面13で結像された光線は、結像レンズ系である結像レンズ前群15及び結像レンズ後群16によって像面で結像される。ここで、17は、結像レンズ系（結像レンズ前群15及び結像レンズ後群16）における瞳面に置かれた絞りである。

【0062】

絞り17における光線有効径は、結像レンズ系（結像レンズ前群15及び結像レンズ後群16）によって小さくすることができる。具体的には、結像レンズ前群15の焦点距離を短くすることにより、絞り17における光線有効径は小さくすることができる。

【0063】

しかし、結像レンズ系の倍率は、結像レンズ前群15の焦点距離 f_{15} と結像レンズ後群16の焦点距離 f_{16} の比によって決定する。そこで、結像レンズ前群15の焦点距離 f_{15} を短く設定した場合、結像レンズ系の倍率を一定にするためには、結像レンズ後群16の焦点距離 f_{16} も短くしなければならない。

【0064】

これらを考慮して、倍率は同じとしながら、絞り（瞳）17の径を Δd だけ小さくした検出光学系を図10 (b) に示す。図10 (b) を参照するに、結像レンズ前群15の焦点距離 f_{15} を短くすると共に結像レンズ後群16の焦点距離 f_{16} も短くし、結像レンズ系の倍率が変わらないようにしている。但し、図10 (b) に示す絞り（瞳）17の位置での光線有効径は、絞り（瞳）17近傍を拡大した図10 (c) に示すように、図10 (a) における絞り17（図10 (c) 中実線）よりも小さくなっている（図10 (c) 中点線）。

【0065】

これによって、瞳近傍に光線有効径の小さな位置を形成することができるので、かかる位置に透過窓部材を配置すれば、検出光学系への性能劣化を低減することができる。

【0066】

以上、結像レンズ前群15の焦点距離 f_{15} を短くし、それに伴って結像レンズ系を短くすることで絞り（瞳）17近傍の光線有効径を小さくすることができる説明したが、結像レンズ系が短くなることで検出光学系に必要な全長でレンズ構成ができなくなる場合がある。

【0067】

そこで、検出光学系を3群の光学系から構成して第2群の瞳での光線有効径を小さくし、第2群の瞳位置に透過窓部材を配置することもできる。第2群の光学系は、倍率を大きくしているため全長が短くなっているので、第3群の光学系で全長を必要な長さに補正する。また、検出光学系を3群の光学系から構成することで、第2群の光学系での倍率を最終的に必要な倍率より大きくして更に光線有効径を小さくすることができる。なお、第2群の光学系で必要な倍率よりも大きくした倍率は、第3群の光学系で必要な倍率に補正する。

【0068】

図11は、図6に示す検出光学系10の変形例である検出光学系10Aを示す概略模式図である。図11を参照するに、検出光学系10Aは、3群の光学系からなるトータル50倍の光学系を想定している。透過窓部材を配置する位置には、第2群の結像レンズ系の瞳（絞り）17近傍の光線有効径がなるべく小さいところがよいということがわかっている。

【0069】

そこで、検出光学系10Aでは、第2群の結像レンズ前群15によって第2群の瞳（絞り）17の光線有効径が決まることから、第2群の瞳（絞り）17の光線有効径を小さすることを最優先とし、それ以外の条件（例えば、倍率や全長など）ではなるべく制約がなうようにして結像レンズ前群15を設定する。

【0070】

第2群の瞳（絞り）17近傍の光線有効径をなるべく小さくするためには、例えば、結像レンズ系（結像レンズ前群15及び結像レンズ後群16）の倍率の増加又は結像レンズ前群15の焦点距離の短縮などが考えられる。これによって、光線有効径が小さくなった第2群の瞳（絞り）17付近に透過窓部材を配置する。

【0071】

第3群は、第2群の結像レンズ系（結像レンズ前群15及び結像レンズ後群16）によって中間像面18で結像した光線を第3群の結像レンズ群19により像面に再結像する。また、第3群において、必要とされる検出光学系10Aの性能が実現されるように補正する。倍率に関しては、例えば、第1群の対物レンズ11及びリレーレンズ12が10倍、第2群の結像レンズ前群15及び結像レンズ後群16が透過窓部材を配置する位置での光線有効径を小さくするために、高めの倍率、例えば、8倍を設定したとする。これにより、検出光学系10Aの第2群までの倍率は80倍となる。

【0072】

そこで、第3群の倍率を0.625倍に設定すると、検出光学系10Aに本来必要な倍率50倍となる。他にも、第2群の瞳（絞り）17近傍の光線有効径を小さくするために第2群を短くしたため、第3群で必要な全長にすることやミラーなどを配置する位置を考慮したときの場所の確保などを第3群で調整することができる。

【0073】

なお、瞳径を小さくするために第2群の倍率を大きくした場合、色ずれが大きく発生することが考えられる。そこで、第3群において、色ずれの補正を行うことも重要である。

【0074】

以下、具体的に露光装置の検出光学系に適用した例を説明する。図1は、本発明の一側面としての露光装置100の例示的一形態を示す概略模式図である。露光装置100は、レチクル112に形成された回路パターンをウェハ115に露光する縮小投影露光装置である。

【0075】

露光装置100は、光源110、照明光学系111、レチクル112、レチクルステージ113、投影光学系114、ウェハ115、ウェハステージ116、各種検出光学系及び露光光の光路付近を密閉空間としバージガスで置換した（又は真空にした）バージ領域PE、バージ領域PE以外の外部領域OE、これらの

領域を隔てる隔壁120、ページ領域P E及び外部領域O E領域を跨ぐ光学系のために隔壁120に設けられた透過窓部材130などで構成される。

【0076】

なお、レチクル112の上方から照射光を照射し、投影光学系114を介して固定位置でレチクルパターンをウェハ115上に順次露光する露光装置がステッパーと呼ばれ、レチクル112及びウェハ115が相対的に移動（レチクル112とウェハ115を投影光学系114の縮小倍率比の速度比で走査）する露光装置をスキャナー（走査型露光装置）と呼ぶ。

【0077】

また、露光光にEUV光を用いた場合は、投影光学系114などをレンズで構成すると、レンズによる光吸収のために著しい光量減少が生じる。そのため、照明光学系111及び投影光学系114を反射ミラーで構成し、レチクル112も反射型となる。

【0078】

一方、ウェハ115には、セカンドウェハと呼ばれる既にパターンが形成されている種類のものがあり、かかるウェハにパターンを形成する場合には、予めウェハの位置を検出しておかなければならない。また、レチクル112の位置合わせやウェハ115の凹凸にあわせたフォーカス位置などの検出も必要となる。図1には、代表的な6種類の検出系を示している。

【0079】

OA光学系140は、投影光学系114を介さず、ウェハ115上のアライメントマークを光学的に検出する検出光学系である。また、OA光学系140は、投影光学系114を介さずウェハアライメントを行うために、光学的な制約が少なく、一般的に投影光学系114を介した検出より高精度な検出を行うことができる。

【0080】

ここで、図2を参照して、本発明の一側面としての位置検出装置であるOA光学系140について説明する。図2は、図1に示すOA光学系140を拡大した概略模式図である。OA光学系140には、ハロゲンランプなどを用いた広帯域

波長の光やHe-Neレーザーなどを用いた単色光を供給するためのOA光学系140用の照明光源141を備えている。

【0081】

まず、ウェハステージ116は、横方向距離を後述するウェハステージ位置検出干渉計170を用いて計測し、これに基づいてOA光学系140で検出できる範囲内に、ウェハ115上にあるアライメントマークMがくるように駆動し、位置決めする。照明光源141を射出した照明光は照明系レンズ142を介し、ハーフミラー143で反射された後、ページ領域PE及び外部領域OEを隔離する隔壁120に設けられた透過窓部材130を透過する。

【0082】

透過窓部材130を透過した照明光は、結像レンズ144及びリレーレンズ145を介し、反射ミラー146で反射され対物レンズ147へ入射する。対物レンズ147で集光された照明光は、ウェハステージ位置検出干渉計170の検出結果により駆動し、観察可能範囲内に位置決めされたウェハ115上にあるアライメントマークMを照明する。

【0083】

アライメントマークMからの反射散乱光は、対物レンズ147を介し反射ミラー146で反射された後、リレーレンズ145へ入射する。その後、結像レンズ144及び透過窓部材130を介し、ハーフミラー143を透過した後、結像レンズ148で集光されCCD等の撮像素子149上でアライメントマークMの像を結像する。

【0084】

撮像素子149上に形成されたアライメントマークMの像の撮像信号は、処理部200へ送られ、信号処理することによりウェハ115上のアライメントマークMの位置を検出し、更に、ウェハステージ位置検出干渉計170からの情報に基づいてウェハ115内に形成された素子の配列情報を得ることができる。

【0085】

なお、OA光学系140の光路中の透過窓部材130は、光線有効径が最も小さい瞳の位置に配置されている。従って、OA光学系140は、ページ領域PE

及び外部領域O Eの圧力差によって変形する透過窓部材130に起因する光学性能の劣化を低減し、高精度に計測を行うことができる。

【0086】

OA光学系140は、結像レンズ144と結像レンズ148との間で、且つ、光線有効径が最も小さい位置に透過窓部材130が配置されている。これにより、収差や光学性能の敏感度を他の位置に透過窓部材130を配置するより抑えることができる。しかし、これだけでは完全に抑えきれない収差や像の位置ずれが残っている。

【0087】

そこで、図3に示すように、レンズ最終面である結像レンズ148の像面側から撮像素子149上の像面間での距離Skを撮像素子149自体を光軸のフォーカス方向に駆動可能な構成とすることにより、透過窓部材130の変形によって変化した距離Skに対して補正を行うことができる。ここで、図3は、補正手段を構成したOA光学系140を示す概略模式図である。

【0088】

横倍率 β に関しては、光学的補正や構成による補正は行わず、撮像素子149での撮像後に処理部200で倍率補正を行って調整する。図3では、アライメントマークMで反射した反射散乱光はOA光学系140を介し、撮像素子149へ結像される。この撮像された信号は処理部200へ送られ信号処理される。このときのイメージ処理における像の倍率 β は所定の値で行えるため、透過窓部材130の変形による横倍率 β の変化に応じてオフセット量を与えて補正する。

【0089】

像面上の像の位置ずれ d_y については、検出光が透過窓部材130を透過後、CCD等の撮像素子149上で結像するまでの適当な位置に補正用の光学部材210を配置し、光学部材210を傾けることで位置ずれ d_y を補正する。光学部材210は、その傾きと像のシフト量が比例しているため、撮像素子149に結像された像を見ながら光学部材210を傾け位置ずれ d_y を調整する。

【0090】

像面上の色ずれ（波長によって像の結像位置がずれている）に関しては、検出

光が透過窓部材130を透過した後、CCD等の撮像素子149上で結像するまでの適当な位置に色楔220を配置することで補正する。色楔220は、断面楔形状の2枚の透過部材222及び224を対向して構成されており、透過部材222と透過部材224との間隔を変化させることに比例して、像面上の波長ごとのずれ量が変化するため、これを用いて色ずれを補正する。

【0091】

以上により、瞳の有効径が最も小さい位置に透過窓部材130を配置することでも抑えきれない収差や像の位置ずれを補正することが可能となり、OA光学系140は高精度に計測を行うことができる。

【0092】

また、透過窓部材130には圧力が加わっているため複屈折が発生する可能性がある。複屈折は、図3を用いて説明したような補正手段で補正をするのは難しい。しかし、複屈折は偏光に対して影響を及ぼすため、偏光を規定する偏光部材の後段に透過窓部材130を配置すれば、OA光学系140の光学性能への影響は少ないと考えられる。そこで、例えば、偏光ビームスプリッタなどを用いて、透過窓部材130を偏光ビームスプリッタの後段（像側）に配置することで、透過窓部材130の変形による光学性能への影響は低減できる。

【0093】

図4は、図3に示すOA光学系140の変形例であるOA光学系140Aを示す概略模式図である。OA光学系140Aは、図3に示すOA光学系140と同じであるが、透過窓部材130の変形による複屈折の影響を低減することを考慮した光学系になっている。

【0094】

図4を参照するに、照明光源141から射出した光は、照明系レンズ142を介して偏光ビームスプリッタ230に入射する。偏光ビームスプリッタ230は、入射光の偏光方向によって透過率及び反射率が異なる。本実施形態で用いられている偏光ビームスプリッタ230では、照明光のうちS偏光成分が反射し、P偏光成分は透過する。

【0095】

偏光ビームスプリッタ230で反射された照明光は、結像レンズ144を介した後、リレーレンズ145を透過して反射ミラー146で反射される。反射ミラー146で反射された照明光は、 $\lambda/4$ 板240を透過し、対物レンズ147を介してアライメントマークMへ照射される。 $\lambda/4$ 板240では、S偏光が円偏光に変換されており、ウェハ115上のアライメントマークMへ照射される。

【0096】

アライメントマークMからの反射散乱光は、対物レンズ147、 $\lambda/4$ 板240、反射ミラー146、リレーレンズ145及び結像レンズ144を介し、偏光ビームスプリッタ230に入射する。なお、偏光ビームスプリッタ230は、P偏光を透過し、S偏光を反射する性質を有していることは上述した通りである。アライメントマークMからの反射散乱光は、 $\lambda/4$ 板240を透過したことで円偏光がP偏光へと変換されている。従って、アライメントマークMからの反射散乱光は、偏光ビームスプリッタ230を透過し、透過窓部材130、結像レンズ148、光学部材210及び色楔220を介して撮像素子149で結像する。

【0097】

OA光学系140Aは、偏光部材の後段に透過窓部材130を配置することで、透過窓部材130の変形による複屈折の影響を抑えることができ、高精度に計測を行うことができる。

【0098】

なお、OA光学系140Aでは、照明光源141をバージ領域PE内に配置しているが、照明光源141からの熱放射の問題がある。従って、熱排気の問題等が解決できればバージ領域PE内に照明光源141を配置してもよいが、解決できない場合は、外部領域OEへ配置し、透過窓部材130を介して照射する方がよい。

【0099】

ウェハ面位置検出光学系150は、斜入射方式で、基板としてのウェハ115の表面の凹凸のフォーカス位置（投影光学系114の光軸方向の位置）を計測する検出光学系である。露光装置100は、解像力を高めるために投影光学系114の開口数を大きく設定しているために焦点深度が浅くなっている。このため、

ウェハ面位置検出光学系150のような、斜入射方式の焦点位置検出系によるウェハ115の表面状態の計測結果に基づいてウェハ115の表面を投影光学系の像面に合わせこむオートフォーカス機構が必要となる。

【0100】

図5は、図1に示すウェハ面位置検出光学系150を拡大した概略模式図である。図5を参照するに、光源151から射出した光は、スリット板152を照明する。ウェハ115のチルト量やフォーカスを同時に計測するためには多点での計測が必要となる。そこで、スリット板152には図示しない複数のスリット（例えば、3×3の9点）が設けられている。

【0101】

スリット板152を透過した光は、位置ずれを補正する光学部材210、色ずれを補正する色楔220、リレーレンズ153a、結像レンズ153bから構成される投影系前群153及びリレーレンズ154aを介し、ページ領域PEと外部領域OPを隔離する透過窓部材130aへ入射する。透過窓部材130を透過した光は、結像レンズ154bによってウェハ115上に結像される。

【0102】

ここで、スリット板152からウェハ115上の結像点までは、図6に示した検出光学系10と同様の構成になっている。透過窓部材130aは、スリット板152をフーリエ変換した面又はフーリエ変換した面と共に面のうち、光線有効径が最も小さい面の近傍（投影系後群154の瞳位置近傍）に配置されており、透過窓部材130aの変形による光学性能への影響が低減されている。

【0103】

また、スリット板152の後段に構成している光学部材210及び色楔220は、ウェハ115上での結像点における像の位置ずれ及び色ずれを補正するものである。

【0104】

ウェハ115表面で正反射した光は、リレーレンズ155a及び結像レンズ155bで構成される受光系前群155、リレーレンズ156aを介して、ページ領域PEと外部領域OPとを隔離する透過窓部材130bへ入射する。透過窓部

材130bを透過した光は、結像レンズ156b、位置ずれ補正用の光学部材210及び色ずれ補正用の色楔220を介して撮像素子157上で結像する。

【0105】

ウェハ115が投影光学系114に対してデフォーカス方向にずれを生じたとき、ウェハ面位置検出系150の撮像素子157上では、ウェハ面位置検出系150の光軸と垂直な平面で位置ずれを生じる。また、ウェハ115においてチルトが発生した場合、既知の計測点のスパン量からY軸回りのチルト量を算出している。

【0106】

これにより、ウェハ115のデフォーカス量及びチルト量を把握し、かかる結果を処理部200へ送る。その後、処理部200で求めたデフォーカス量及びチルト量の最適値をウェハステージ116へ伝え、ウェハ115のフォーカス位置及びチルト量の補正を行う。

【0107】

ここで、ウェハ115上の受光系の物体面（投光系から見れば結像面）から撮像素子157までは、投影系と同様に、受光系後群156の瞳位置近傍に透過窓部材130bを配置することで、透過窓部材130bの変形によるウェハ面位置検出系150の光学性能への影響を低減することができる。

【0108】

光学部材210及び色楔220は、投光系で説明したのと同様の役割を果たし、それぞれ撮像素子157での像面上の位置ずれの補正、色ずれの補正を行う。特に、シフト量の補正に関しては、ウェハ115表面のデフォーカス方向の計測を撮像素子157上の像シフトとして検出する光学系であるため、注意が必要であり、定期的にずれ量の確認及び位置合わせを行う必要ある。

【0109】

このような構成により、ウェハ面位置検出系150は、透過窓部材130a及び130bの変形による収差や位置ずれを低減して、高精度にウェハ115の位置を計測することができる。

【0110】

レチクルアライメント光学系160は、レチクル112とレチクルステージ113の位置が相対的にあってるかどうかを検出するための光学系である。レチクルアライメント光学系160は、レチクル112に設けられたアライメントマークとレチクルステージ113に設けられたレチクル基準マークを同一視野内で観察することにより、その相対位置を測定しレチクル112の位置合わせを行う。

【0111】

ウェハステージ位置検出干渉計170は、ウェハステージ116側面に設けられた面と基準となる面（基準面）にレーザー光を照射し、基準面からの光との干渉を測定することによりウェハステージ116の位置を高精度に測定する。

【0112】

レチクル面位置検出光学系180は、斜入射方式で、レチクル112の表面形状を計測する検出光学系である。露光装置100の解像力向上により、レチクル112の自重での撓みや、レチクルパターン面の平坦度、レチクルフォルダに吸着保持する際の接触面の平坦度などに影響されるレチクル112の変形が無視できなくなってきた。かかるレチクル112の変形は、レチクル毎で変化するものであるため、露光装置100上でレチクル112をセットした後に計測する必要がある。そこで、レチクル面位置検出光学系180によりレチクル112の面形状を測定し、レチクルパターン面の高さ方向の位置を補正することで、結像性能を補償する。

【0113】

位置検出光学系190は、TTL-AA (Through The Lens Auto Alignment) 方式で、露光光等を用いてレチクル112及び投影光学系114を介して、レチクル112とウェハ115の相対位置を測定するための検出系である。位置検出光学系190において、光源191を射出した照明光は、ハーフミラー192によって反射され、レンズ193を介して透過窓部材130へ入射する。

【0114】

透過窓部材130を透過した照明光は、反射ミラー194で反射され、レチク

ル112に設けられた図示しないアライメントマークを照射する。アライメントマークからの反射散乱光は、反射ミラー194、透過窓部材130、レンズ193及びハーフミラー192を介して撮像素子195で結像される。

【0115】

また、レチクル112上のアライメントマーク以外の透過領域を透過した検出光は、投影光学系114を介してウェハ115上のアライメントマークを照明する。ウェハ115上のアライメントマークからの反射散乱光は、投影光学系114を通って、レチクル112のアライメントマーク以外の透過領域、反射ミラー194、透過窓部材130、レンズ193及びハーフミラー192を介して撮像素子195で結像される。

【0116】

これにより、レチクル112上のアライメントマークとウェハ115上のアライメントマークを同時に観察することができ、レチクル112とウェハ115の相対位置関係（投影光学系114の光軸と垂直方向）やレチクル112とウェハ115との共役関係（フォーカス合わせ）を測定することができる。

【0117】

なお、露光装置100においては、最も光線有効径が小さい位置に透過窓部材130を配置することをOA光学系140及びウェハ面位置検出光学系150に適用したが、特に限定するものではなく、その光学系内に圧力が違う二つの領域を隔てる透過窓部材を構成している光学系であれば適用することができる。例えば、レチクルアライメント光学系160、ウェハステージ位置検出干渉計170、レチクル面位置検出光学系180及び位置検出光学系190にも適用できる。

【0118】

また、ページ領域PEと外部領域OEとを隔離する隔壁120に設けられた透過窓部材130についても説明する。ページ領域PEと外部領域OEの圧力差による透過窓部材130の変形量を低減させれば光学性能に与える影響も小さくなる。

【0119】

例えば、本実施形態において透過窓部材130は、厚さ数mmと設定して検討

を行っている。しかし、透過窓部材130をより厚くすることにより透過窓部材130の変形量を減らし、光学性能に対する影響を低減することができる。また、透過窓部材130に圧力がかかっても変形しにくい物性（材質）を有する硝材を用いてもよい。

【0120】

このように、透過窓部材130に厚みをもたせたり、材質を選択したりすることで透過窓部材130の変形を小さくすることができる。しかし、ページ領域P-Eと外部領域O-Eとを隔離する隔壁120の撓みなどがあった場合、傾き偏心及び平行偏心が生じる。そこで、上述したように、傾き偏心及び平行偏心に対して光学性能に影響を及ぼしにくい位置に透過窓部材130を配置することにより、収差や像変位の影響を減らすことができる。

【0121】

露光において、光源110から発せられた光は、照明光学系111により、レチクル112をケーラー照明する。レチクル112を通過してレチクルパターンを反映する光は、投影光学系114によりウェハ115に結像される。露光装置100が使用する各種検出光学系は、被検出体の位置を高精度に検出して位置合わせを行うことができるので、高いスループットで経済性よく従来よりも高品位なデバイス（半導体素子、LCD素子、撮像素子（CCDなど）、薄膜磁気ヘッドなど）を提供することができる。

【0122】

次に、図12及び図13を参照して、露光装置100を利用したデバイス製造方法の実施例を説明する。図12は、デバイス（ICやLSIなどの半導体チップ、LCD、CCD等）の製造を説明するためのフローチャートである。ここでは、半導体チップの製造を例に説明する。ステップ1（回路設計）では、デバイスの回路設計を行う。ステップ2（マスク製作）では、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。ステップ3（ウェハ製造）では、シリコンなどの材料を用いてウェハを製造する。ステップ4（ウェハプロセス）は、前工程と呼ばれ、マスクとウェハを用いてリソグラフィー技術によってウェハ上に実際の回路を形成する。ステップ5（組み立て）は、後工程と呼ばれ、ステップ4によって

作成されたウェハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ6（検査）では、ステップ5で作成された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テストなどの検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ7）される。

【0123】

図13は、ステップ4のウェハプロセスの詳細なフローチャートである。ステップ11（酸化）では、ウェハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）では、ウェハの表面に絶縁膜を形成する。ステップ14（イオン打ち込み）では、ウェハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）では、ウェハに感光剤を塗布する。ステップ16（露光）では、露光装置100によってマスクの回路パターンをウェハに露光する。ステップ17（現像）では、露光したウェハを現像する。ステップ18（エッティング）では、現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19（レジスト剥離）では、エッティングが済んで不要となつたレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行うことによってウェハ上に多重に回路パターンが形成される。かかるデバイス製造方法によれば、従来よりも高品位のデバイスを製造することができる。このように、露光装置100を使用するデバイス製造方法、並びに結果物としてのデバイスも本発明の一側面を構成する。

【0124】

以上、本発明の好ましい実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されることはいうまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【0125】

本出願は、更に以下の事項を開示する。

【0126】

〔実施態様1〕 被検出体の位置を光を用いて検出する位置検出装置であって

前記被検出体を光学的にフーリエ変換した面及び前記フーリエ変換した面と共に

役な面のうち光線有効径が最も大きい面以外の面の近傍に、圧力の異なる2つの空間を隔離する光学素子を配置したことを特徴とする位置検出装置。

【0127】

〔実施態様2〕 前記光学素子は、前記光線有効径が最も大きい面以外の面の前記被検出体側で最も近接した光学部材と、前記光線有効径が最も大きい面以外の面の前記被検出体側と反対側で最も近接した光学部材との間に配置されていることを特徴とする実施態様1記載の位置検出装置。

【0128】

〔実施態様3〕 前記光学素子は、前記光線有効径が最も大きい面以外の面に配置されていることを特徴とする実施態様1又は2いずれか1項記載の位置検出装置。

【0129】

〔実施態様4〕 被検出体の位置を光を用いて検出する位置検出装置であって、前記被検出体を光学的にフーリエ変換した面及び前記フーリエ変換した面と共に役な面のうち光線有効径が最も小さい面の近傍に、圧力の異なる2つの空間を隔離する光学素子を配置したことを特徴とする位置検出装置。

【0130】

〔実施態様5〕 被検出体の位置を光を用いて検出する位置検出装置であって、前記被検出体を光学的にフーリエ変換した第1の面及び前記フーリエ変換した面と共に第2の面のうち光線有効径が最も小さい面の近傍に、圧力の異なる2つの空間を隔離する光学素子を配置したことを特徴とする位置検出装置。

【0131】

〔実施態様6〕 前記光学素子は、前記光線有効径が最も小さい面の前記被検出体側で最も近接した光学部材と、前記光線有効径が最も小さい面の前記被検出体側と反対側で最も近接した光学部材との間に配置されていることを特徴とする実施態様4又は5記載の位置検出装置。

【0132】

〔実施態様7〕 前記光学素子は、前記光線有効径が最も小さい面に配置されていることを特徴とする実施態様4乃至6のうちいずれか1項記載の位置検出装置。

【0133】

〔実施態様8〕 前記被検出体と実質的に共役な位置に配置された検出部を有することを特徴とする実施態様1乃至7のうちいずれか1項記載の位置検出装置。

【0134】

〔実施態様9〕 被検出体の位置を光を用いて検出する位置検出装置であって、前記被検出体からの光を受光する検出部を有し、前記検出部の前記被検出体側で最も近接した光学部材と前記検出部との間に、圧力の異なる2つの空間を隔離する光学素子を配置したことを特徴とする位置検出装置。

【0135】

〔実施態様10〕 被検出体の位置を光を用いて検出する位置検出装置であって、圧力の異なる2つの空間を隔てる光学素子を備え、前記圧力の違う2つの空間を隔てる光学素子から発生する光学的变化を補正する補正手段を備えることを特徴とする位置検出装置。

【0136】

〔実施態様11〕 前記光学素子は、前記光を透過することを特徴とする実施態様1乃至10のうちいずれか1項記載の位置検出装置。

【0137】

〔実施態様12〕 前記光学素子は、平行平板であることを特徴とする実施態様1乃至11のうちいずれか1項記載の位置検出装置。

【0138】

〔実施態様13〕 前記光学素子は、屈折力を有するレンズであることを特徴とする実施態様1乃至11のうちいずれか1項記載の位置検出装置。

【0139】

〔実施態様14〕 前記光学素子の変形に起因する光学的変化を補正する補正手段を更に有することを特徴とする実施態様11乃至13のうちいずれか1項記載の位置検出装置。

【0140】

〔実施態様15〕 前記補正手段は、前記光の波長に対する位置ずれを補正する断面楔形状の光学素子であることを特徴とする実施態様14記載の位置検出装置。

【0141】

〔実施態様16〕 前記補正手段は、前記被検出体の像面において光軸と垂直な面内での位置ずれを補正する平行平板であることを特徴とする実施態様14記載の位置検出装置。

【0142】

〔実施態様17〕 前記補正手段は、前記被検出体の像面に配置された前記検出部を駆動し、前記像面において光軸と垂直な面内での位置ずれを補正することを特徴とする実施態様14記載の位置検出装置。

【0143】

〔実施態様18〕 前記補正手段は、前記光学素子の変形に起因する光学的変化を同等の敏感度で生じる位置に配置されると共にコマ収差を補正する補正部材であることを特徴とする実施態様14記載の位置検出装置。

【0144】

〔実施態様19〕 前記補正手段は、前記光学素子の変形に起因する光学的変化を同等の敏感度で生じる位置に配置されると共に球面収差を補正する補正部材であることを特徴とする実施態様14記載の位置検出装置。

【0145】

〔実施態様20〕 前記補正手段は、光学的な倍率を演算処理によって補正する処理部であることを特徴とする実施態様14記載の位置検出装置。

【0146】

〔実施態様21〕 前記補正手段は、前記被検出体の像面に配置された前記検

出部を駆動し、フォーカス位置のずれを補正することを特徴とする実施態様14記載の位置検出装置。

【0147】

〔実施態様22〕 前記補正手段は、前記被検出体を駆動し、フォーカスの位置ずれを補正することを特徴とする実施態様14記載の位置検出装置。

【0148】

〔実施態様23〕 第1の空間と前記第1の空間の圧力とは異なる圧力を有する第2の空間とに跨いで配置され、前記第1の空間に配置された被検出体の位置を光を用いて前記第2の空間に配置された検出部を用いて検出する位置検出装置であって、

前記光の偏光方向を規定する偏光部材を有し、

前記光を透過すると共に前記第1の空間と前記第2の空間とを隔離する光学素子を前記偏光部材より前記検出部側に配置することを特徴とする位置検出装置。

【0149】

〔実施態様24〕 第1の空間と前記第1の空間の圧力とは異なる圧力を有する第2の空間とに跨いで配置され、前記第1の空間に配置された被検出体の位置を光を用いて前記第2の空間に配置された検出部を用いて検出する位置検出装置であって、

光路中に前記光を透過すると共に前記第1の空間と前記第2の空間とを隔離する光学素子が配置され、

収差を補正する補正手段を有することを特徴とする位置検出装置。

【0150】

〔実施態様25〕 前記補正手段が、前記光学素子に起因する光学特性の変化を補正することを特徴とする実施態様24記載の位置検出装置。

【0151】

〔実施態様26〕 前記補正手段が、前記光学素子の変形に起因する光学特性の変化を補正することを特徴とする実施態様24又は25記載の位置検出装置。

【0152】

〔実施態様27〕 前記光学素子は、前記第1の空間と前記第2の空間の圧力

差によって生じる力に対して、変形量が所定の閾値よりも小さいことを特徴とする実施態様1乃至26のうちいずれか一項記載の位置検出装置。

【0153】

〔実施態様28〕 前記光学素子は、前記第1の空間と前記第2の空間の圧力差によって生じる力に対して、変形量が所定の閾値よりも小さくなる厚さを有することを特徴とする実施態様1乃至26のうちいずれか1項記載の位置検出装置。

【0154】

〔実施態様29〕 前記光学素子は、前記第1の空間と前記第2の空間の圧力差によって生じる力に対して、変形量が所定の閾値よりも小さい材料からなることを特徴とする実施態様1乃至26のうちいずれか1項記載の位置検出装置。

【0155】

〔実施態様30〕 前記光学素子で隔離された2つの空間のうち一方は真空（或いは高真空）であることを特徴とする実施態様1乃至29のうちいずれか1項記載の位置検出装置。

【0156】

〔実施態様31〕 実施態様1乃至30のうちいずれか1項記載の位置検出装置を有することを特徴とする露光装置。

【0157】

〔実施態様32〕 前記露光装置は、電子ビームを用いて基板を露光することを特徴とする実施態様31記載の露光装置。

【0158】

〔実施態様33〕 前記露光装置は、EUV光を用いて基板を露光することを特徴とする実施態様31記載の露光装置。

【0159】

〔実施態様34〕 実施態様31乃至33のうちいずれか1項記載の露光装置を用いて被処理体を露光するステップと、

露光された前記被処理体に所定のプロセスを行うステップとを有することを特徴とするデバイス製造方法。

【0160】

〔実施態様35〕 第1の空間と前記第1の空間の圧力とは異なる圧力を有する第2の空間とに跨いで配置され、光路上に複数の瞳を形成する光学系であって、
前記複数の瞳のうち最も径の小さい瞳の位置近傍に前記第1の空間と前記第2の空間とを隔離する光学素子とを有することを特徴とする光学系。

【0161】

〔実施態様36〕 前記最も径の小さい瞳の縮小共役側に配置された最も近接した光学部材と前記最も径の小さい瞳の拡大共役側に配置された最も近接した光学部材との間に前記光学素子が配置されていることを特徴とする実施態様35記載の光学系。（前記最も径の小さい瞳の両側それぞれで最も近接した光学部材、例えばレンズ等の間に前記光学素子が配置されている。）

〔実施態様37〕 圧力の異なる2つの空間に跨いで配置され、光路上に複数の瞳と中間像を形成する光学系が有する光を透過すると共に前記2つの空間を隔離する光学素子を配置する方法であって、

前記光学素子の位置を変えながら、前記2つの空間の圧力差による前記光学系の光学性能の劣化を測定するステップと、

前記測定ステップで測定した前記光学性能の劣化から最も劣化が小さい位置を選択し、前記光学素子を前記最も劣化が小さい位置に配置するステップとを有することを特徴とする方法。

【0162】

【発明の効果】

本発明によれば、圧力の異なる領域を隔離する部材に変形が起きてても、かかる部材を光路中に有する光学系の光学性能を劣化させることなく、高精度に計測可能な位置計測装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一側面としての露光装置の例示的一形態を示す概略模式図である。

【図2】 図1に示すオファクシスアライメント光学系を拡大した概略模式

図である。

【図3】 補正手段を構成したオファクシスマウント光学系を示す概略模式図である。

【図4】 図3に示すオファクシスマウント光学系の変形例であるオファクシスマウント光学系を示す概略模式図である。

【図5】 図1に示すウェハ面位置検出光学系を拡大した概略模式図である。

【図6】 基本的な検出光学系において、曲率変形を有する光学部材の配置位置を示す概略模式図である。

【図7】 図6に示す検出光学系において、各位置に配置した光学部材を変形させて検討した結果を示す表である。

【図8】 光路中に配置した補正用の光学部材を傾けた場合の光軸と垂直に交わる平面上での像位置の変化を示す概略模式図である。

【図9】 色ずれを補正するための色楔を示す概略模式図である。

【図10】 図6に示した基本的な検出光学系の一部を示す概略模式図である。

【図11】 図6に示す検出光学系の変形例である検出光学系を示す概略模式図である。

【図12】 デバイス（I CやL S Iなどの半導体チップ、LCD、CCD等）の製造を説明するためのフローチャートである。

【図13】 図12のステップ4のウェハプロセスの詳細なフローチャートである。

【図14】 圧力差に起因する透過窓部材の形状の変形を示す概略断面図である。

【符号の説明】

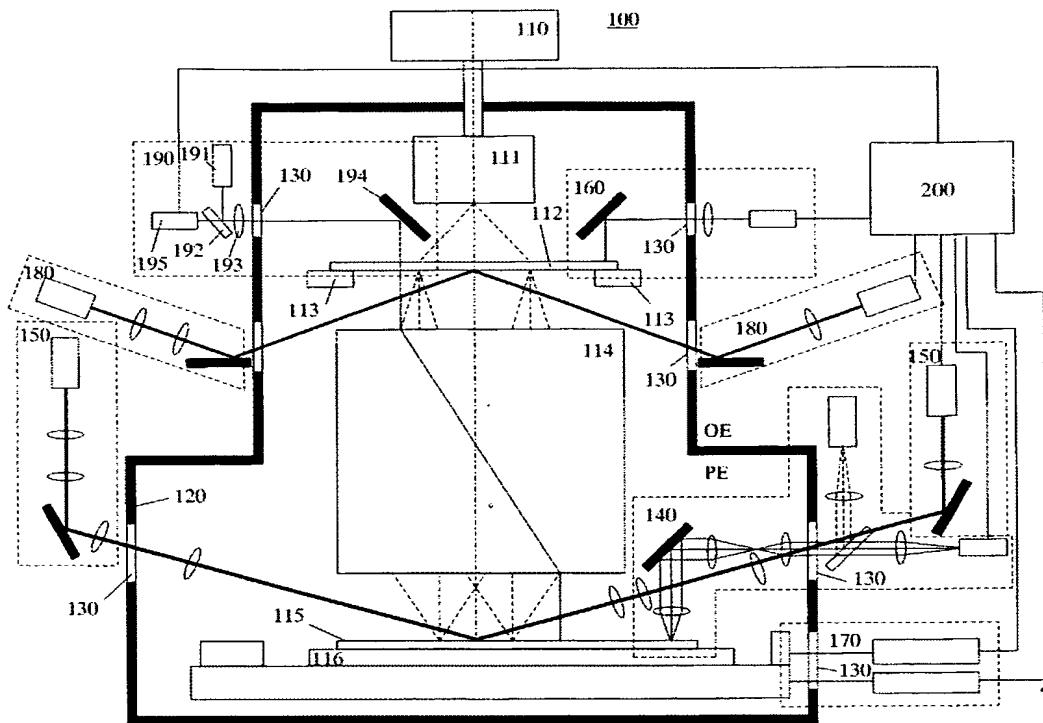
| | |
|-----------|--------|
| 1 0、1 0 A | 検出光学系 |
| 1 1 | 対物レンズ |
| 1 2 | リレーレンズ |
| 1 3 | 中間像面 |

| | |
|---------|-----------------|
| 1 4 | 絞り（瞳） |
| 1 5 | 結像レンズ前群 |
| 1 6 | 結像レンズ後群 |
| 1 7 | 絞り（瞳） |
| 1 8 | 中間像面 |
| 1 9 | 結像レンズ群 |
| 2 0 | 光学部材 |
| 3 0 | 色楔 |
| 3 2、3 4 | 透過部材 |
| 1 0 0 | 露光装置 |
| 1 2 0 | 隔壁 |
| 1 3 0 | 透過窓部材 |
| 1 4 0 | オフアクシスアライメント光学系 |
| 1 4 1 | 照明光源 |
| 1 4 2 | 照明レンズ |
| 1 4 3 | ハーフミラー |
| 1 4 4 | 結像レンズ |
| 1 4 5 | リレーレンズ |
| 1 4 6 | 反射ミラー |
| 1 4 7 | 対物レンズ |
| 1 4 8 | 結像レンズ |
| 1 4 9 | 撮像素子 |
| 1 5 0 | ウェハ面位置検出光学系 |
| 1 6 0 | レチクルアライメント光学系 |
| 1 7 0 | ウェハステージ位置検出干渉計 |
| 1 8 0 | レチクル面位置検出光学系 |
| 1 9 0 | 位置検出光学系 |
| 2 0 0 | 処理部 |
| 2 1 0 | 光学部材 |

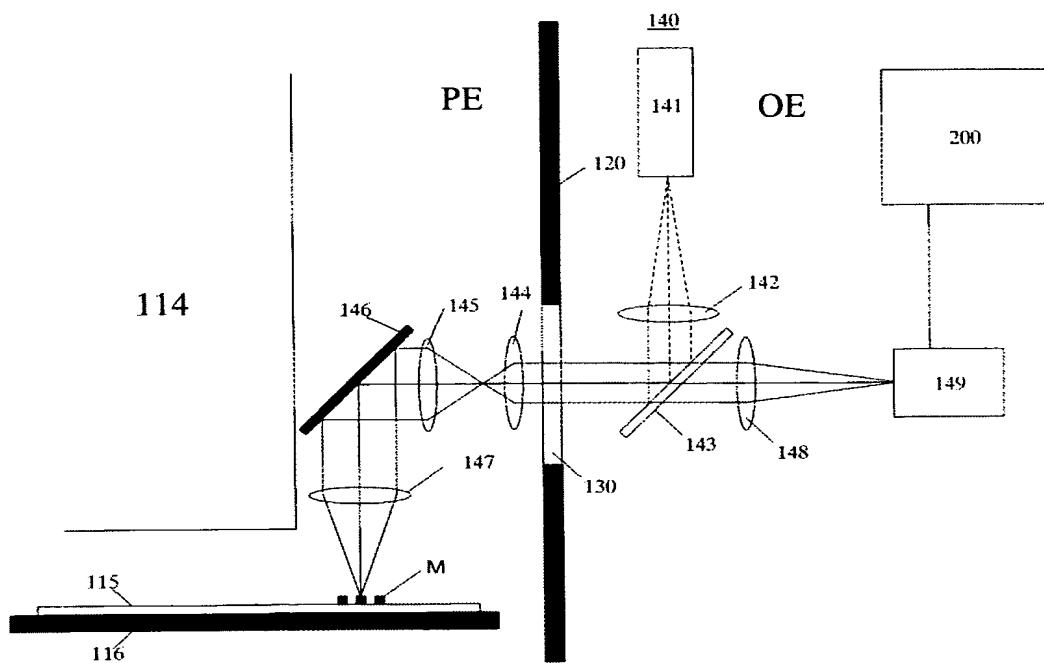
| | |
|-----|---------------|
| 220 | 色楔 |
| 230 | 偏光ビームスプリッタ |
| 240 | $\lambda/4$ 板 |
| P E | ページ領域 |
| O E | 外部領域 |

【書類名】 図面

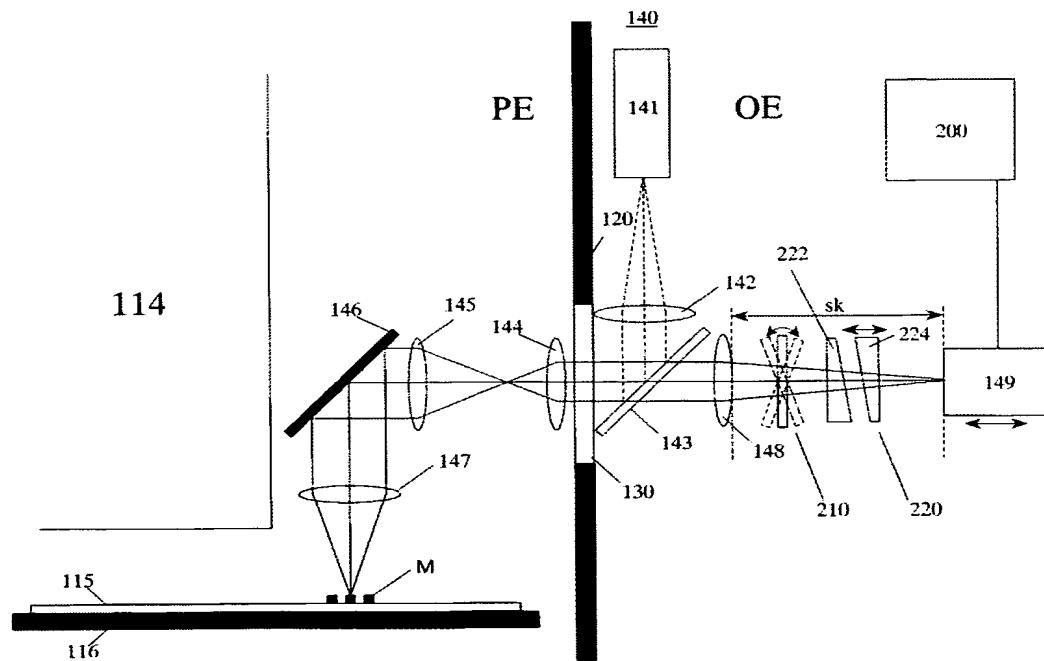
【図1】



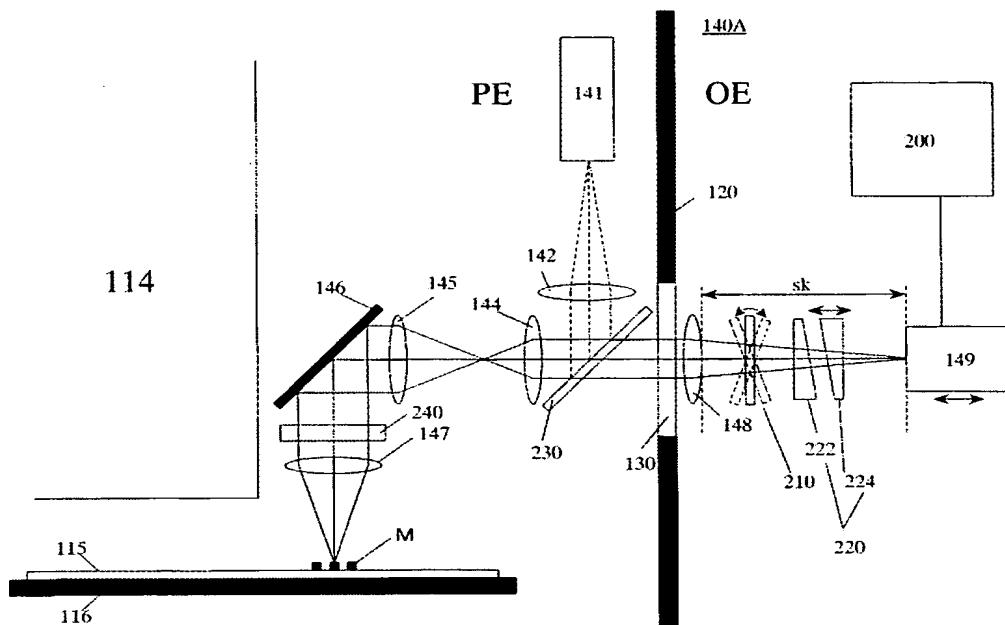
【図2】



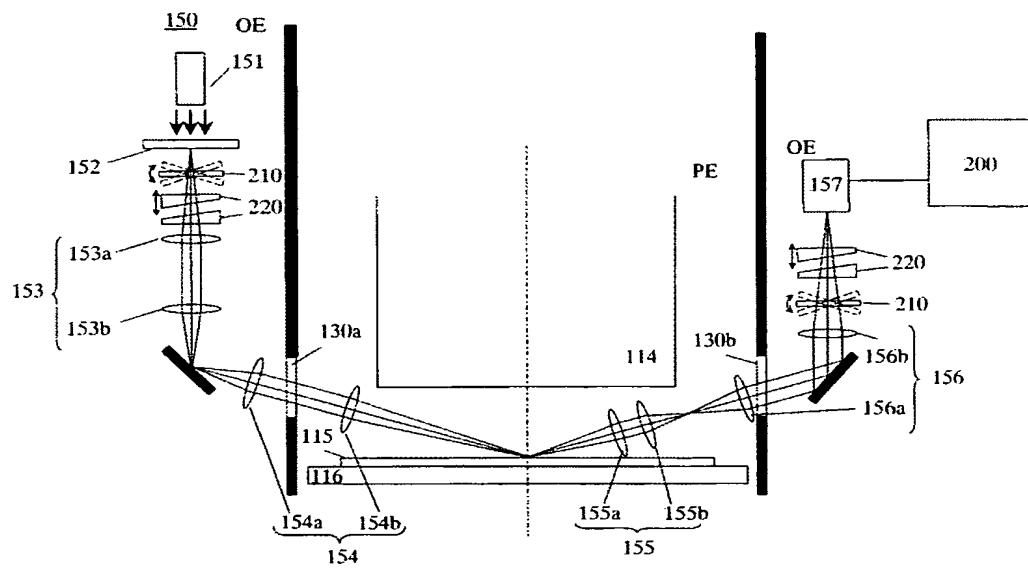
【図3】



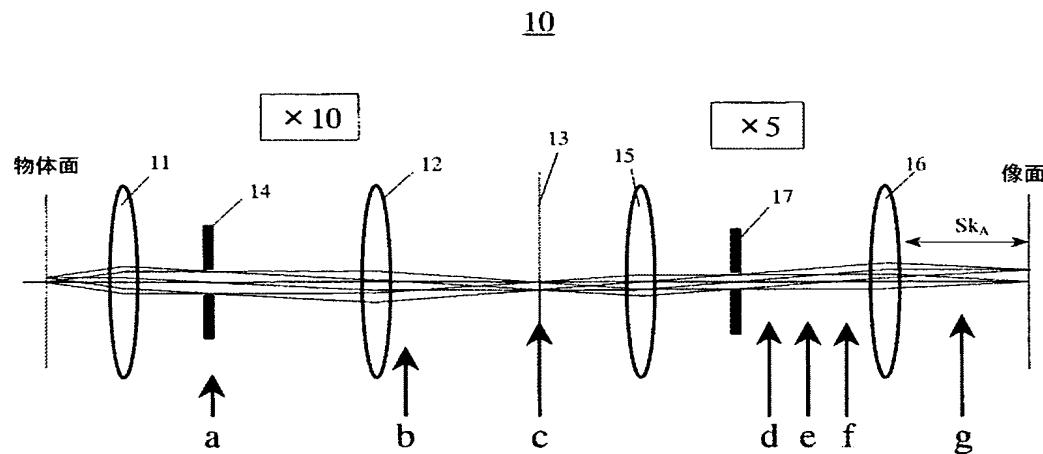
【図4】



【図 5】



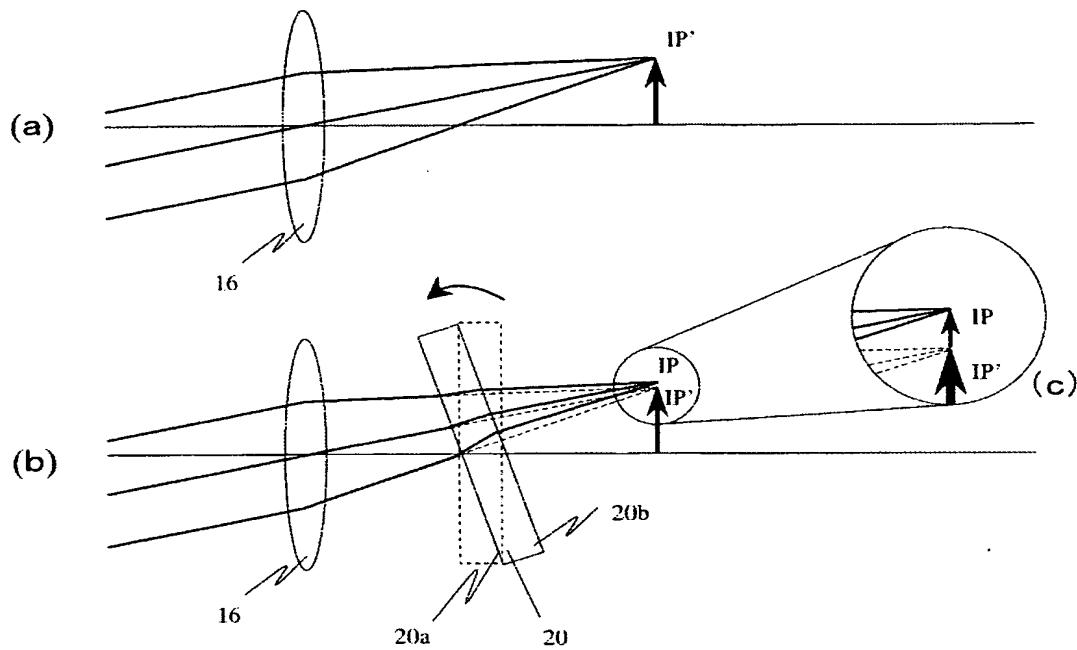
【図6】



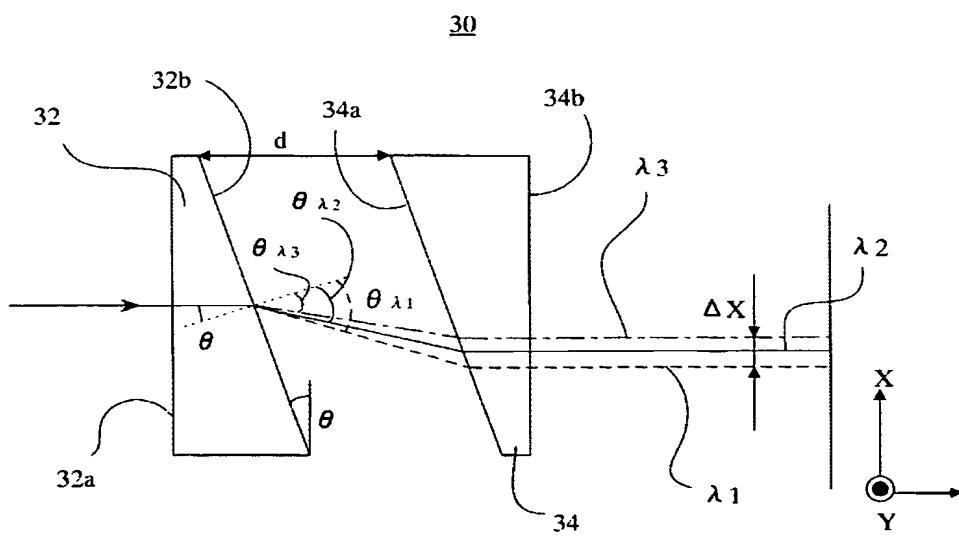
【図7】

| 各面へ変形を加える。 | A | | B | | C | | | |
|------------|-----------------|----------------|---------------------|----------------------|-----------------|------------------|------------------|---------------------|
| | | | 各面の傾き偏心(色ずれ) | | (単面での色ずれ) | | 傾き偏心(中心波長) | |
| | Sk _A | β _A | dy _B 色ずれ | dy _B 面色ずれ | dy _C | wah _C | wac _C | dy _C 色ズレ |
| a | -2.80 | 1.15 | -1.23 | 5.11 | 0.05 | -6.50 | -0.66 | 0.15 |
| b | 255.40 | -1.69 | 0.47 | 0.37 | -30.74 | 95.33 | 1.00 | 0.06 |
| c | 1.60 | -1.15 | 0.09 | 0.04 | -30.77 | 88.83 | 0.85 | 0.09 |
| d | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0 | 1.00 |
| e | 0.90 | 0.85 | 0.99 | 2.88 | 0.99 | 1.00 | 0 | 1.00 |
| f | 0.80 | 0.77 | 0.98 | 4.63 | 1.00 | 1.00 | 0 | 1.00 |
| g | 1.40 | -1.08 | 0.09 | 5.30 | 4.78 | 0.17 | 0 | 0.10 |
| 変形・偏心 | | | | | | | | |

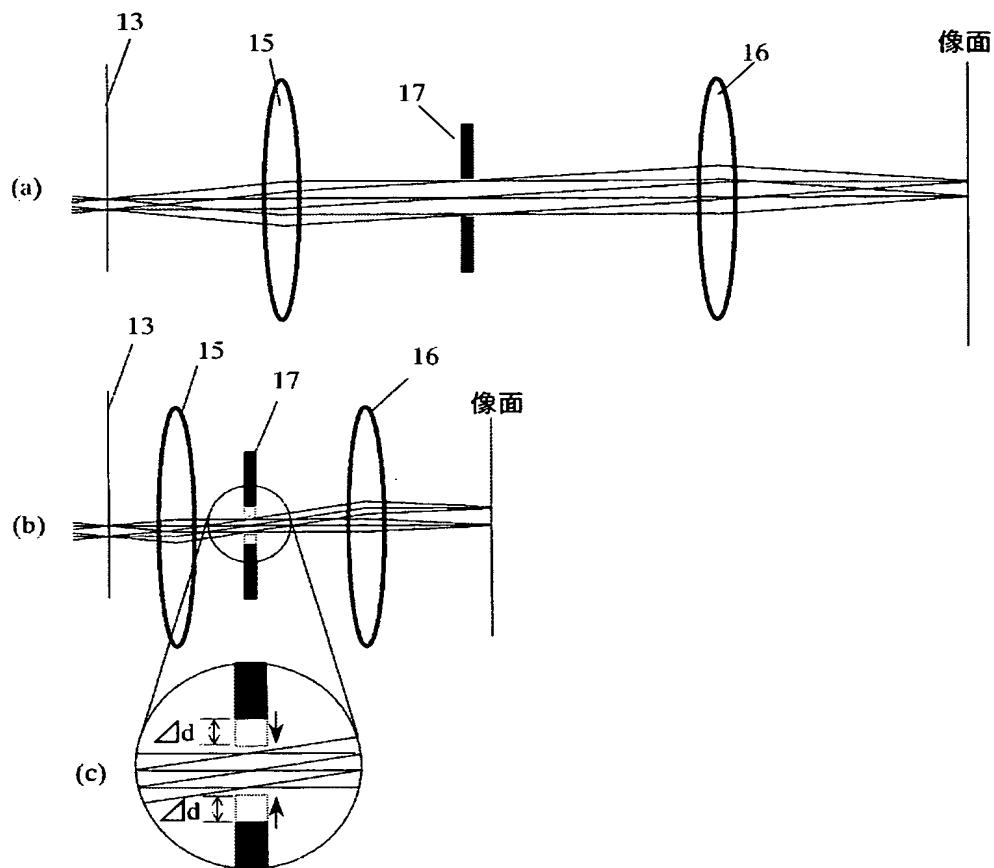
【図8】



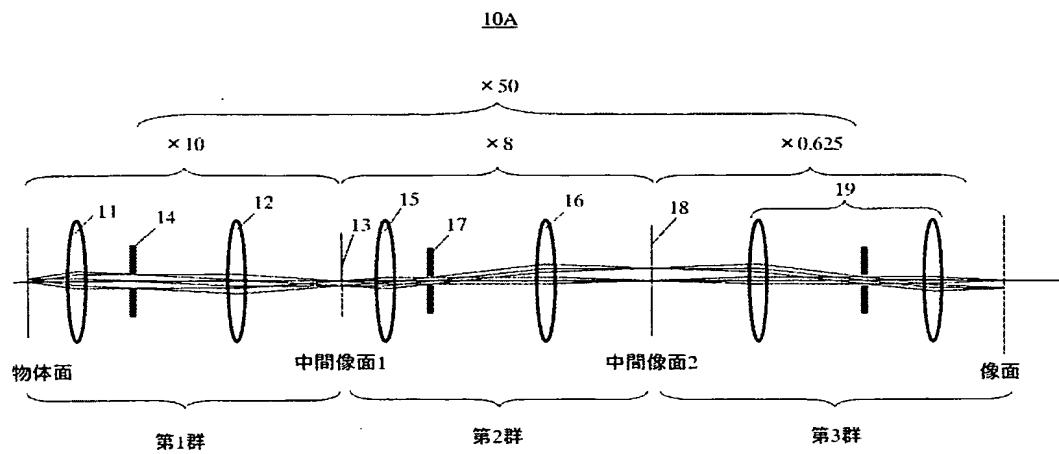
【図9】



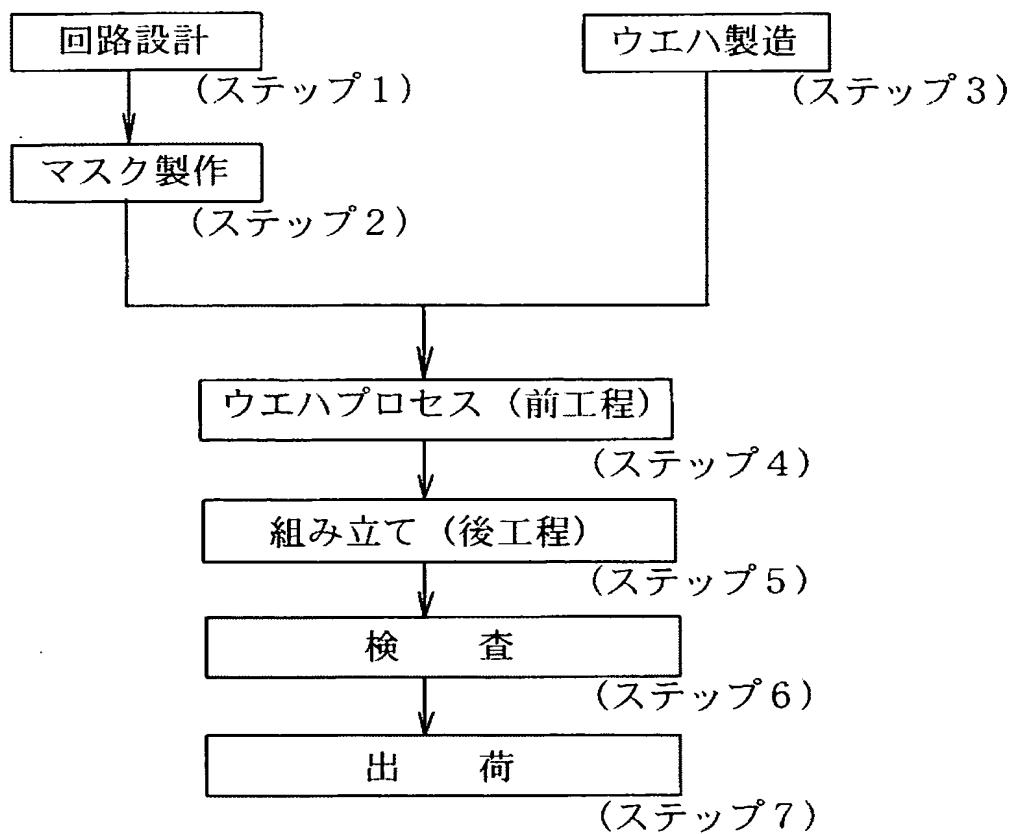
【図10】



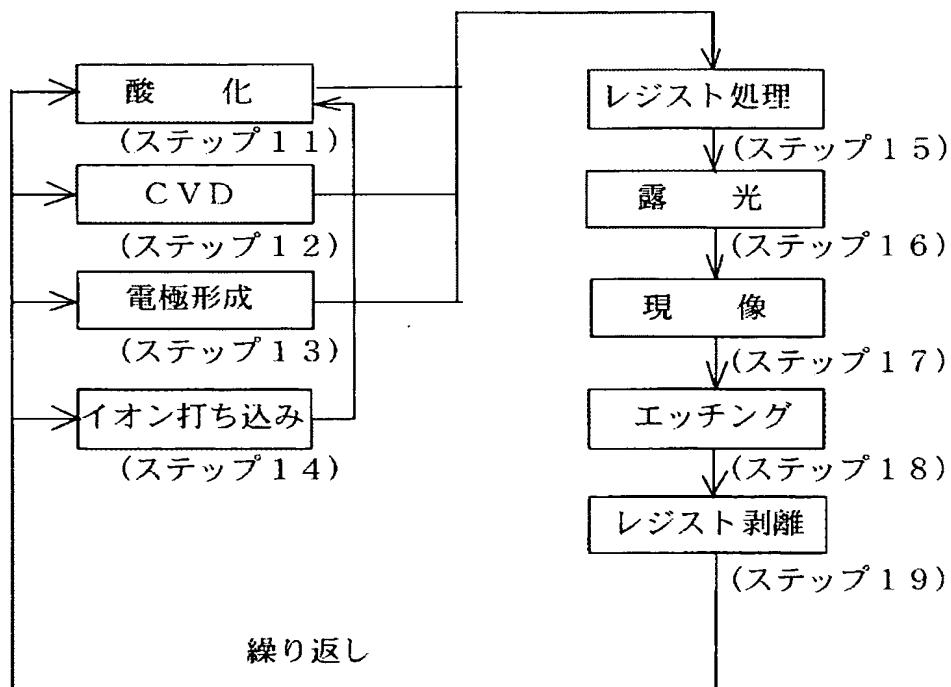
【図11】



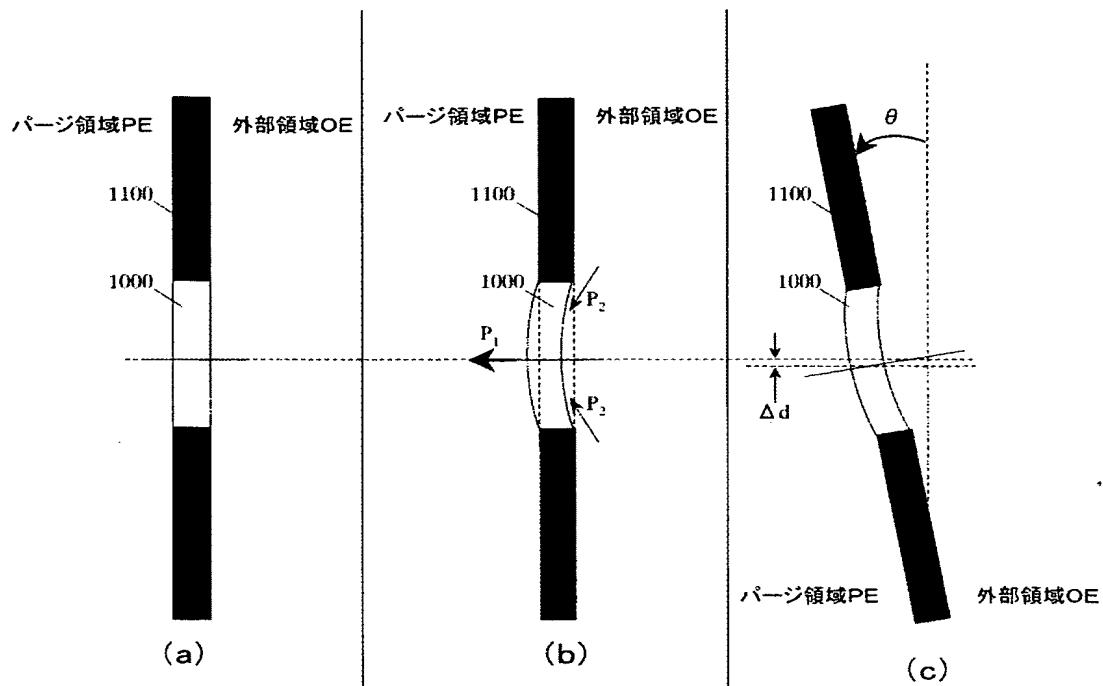
【図12】



【図13】



【図14】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 圧力の異なる領域を隔離する部材に変形が起きても、かかる部材を光路中に有する光学系の光学性能を劣化させることなく、高精度に計測可能な位置計測装置を提供する。

【解決手段】 被検出体の位置を光を用いて検出する位置検出装置であって、前記被検出体を光学的にフーリエ変換した面及び前記フーリエ変換した面と共に面のうち光線有効径が最も大きい面以外の面の近傍に、圧力の異なる2つの空間を隔離する光学素子を配置したことを特徴とする位置検出装置を提供する。

【選択図】 図1



特願 2003-026541

出願人履歴情報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日 1990年 8月30日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
氏 名 キヤノン株式会社